

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-099734

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

G01L 9/12
H01L 29/84

(21)Application number : 11-280463

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 30.09.1999

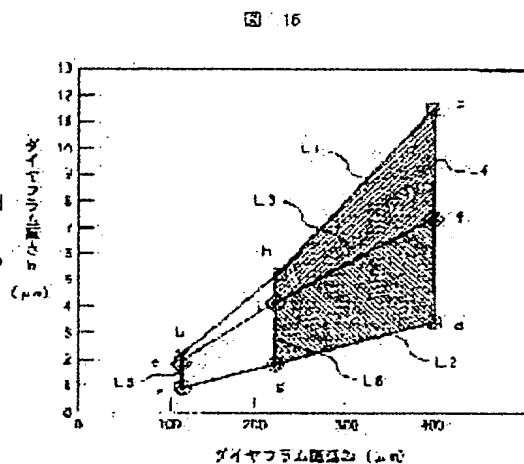
(72)Inventor : SHIMADA SATOSHI
MONMA NAOHIRO
WATANABE TOKUO
MIYAZAKI ATSUSHI
HORIE JUNICHI
YASUKAWA AKIO
SATO SHINYA

(54) SEMICONDUCTOR CAPACITY TYPE PRESSURE SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor capacity type pressure sensor stably and inexpensively manufacturable, having high reliability and measurement accuracy.

SOLUTION: In this semiconductor capacity type pressure sensor having a semiconductor substrate, a silicone diaphragm held on the semiconductor substrate displaceable according to the change of a surrounding pressure, an aperture formed between the semiconductor substrate and the diaphragm, and a silicon oxide film for sealing airtightly the periphery of the aperture, the diaphragm is insulated from the semiconductor substrate through a dielectric, and a fixed electrode opposing to the diaphragm is formed on the dielectric through the aperture, and the size of the aperture is 0.2 to 1.3 μm , the diameter of the diaphragm is 110 to 400 μm , and the thickness of the diaphragm is 1.9 to 11.6 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 15.07.2002

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(9) 日本国特許庁 (JP) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-99734

(P2001-99734A)

(43) 公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(5) IntCl.	識別記号	FI
G01L 9/12		G01L 9/12
H01L 29/84		H01L 29/84

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 12 頁)

(21) 出願 号	特願平11-280463	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所
(22) 出願日	平成11年9月30日(1999.9.30)	(72) 発明者	東京都千代田区神田墨田台四丁目6番地 豊田 智
		(72) 発明者	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内 門馬 直弘
		(72) 発明者	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内 伊藤士 高田 幸彦 (外1名)
		(74) 代理人	100074631 伊藤士 高田 幸彦 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体容量式圧力センサ

(57) 【要約】

【課題】 安定かつ安価に製造でき、かつ、信頼性と測定精度の高い半導体容量式圧力センサを提供する。

【解決手段】 半導体基板と、該半導体基板に保持され周囲の圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、前記ダイアフラムは誘電体を介して前記半導体基板から絶縁されており、該ダイアフラムに対抗する固定電極が前記空隙を介して前記誘電体上に形成されており、前記空隙が10.2μm〜1.3μm、前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmである。

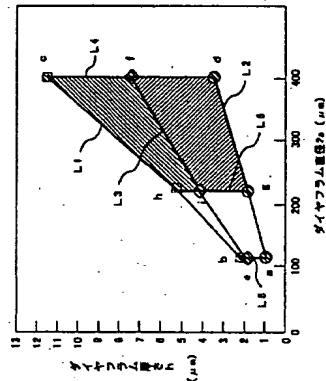


図 15

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、該半導体基板に保持され周囲の圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、前記ダイアフラムに対抗する固定電極が誘電体上に形成されており、

前記ダイアフラムは誘電体を介して前記半導体基板から絶縁されており、
前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項2】 請求項1記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記空隙が0.2μm〜1.3μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項3】 請求項1または2記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの直径が220μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項4】 半導体基板と、該半導体基板に保持され圧力の変化に応じて変位するシリコン製ダイアフラムと、前記半導体基板と前記ダイアフラムとの間に形成される空隙と、該空隙の周縁を気密封止する膜とを有する半導体容量式圧力センサであって、
前記ダイアフラムに対抗する固定電極が前記空隙を介して前記ダイアフラム上に固定されており、
前記ダイアフラムの直径が220μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項5】 半導体基板の上に形成され周囲圧力に応じて変化するアクティブ容量と、前記半導体基板の上に形成され周囲圧力に対し実質的に変化しない基準容量と、前記アクティブ容量および基準容量と電気的に接続され両者の差なしいし比を検出し前記半導体容量式圧力センサであって、動作する回路とを有する半導体容量式圧力センサとして、前記基準容量は、前記半導体基板の上に誘電体を介して形成された導電性の電極を含み、
前記アクティブ容量は、誘電体を介して前記半導体基板表面に固定され周囲圧力の変化に応じて変位するポリシリコン膜からなるダイアフラムと、前記半導体基板の上に形成した前記誘電体と前記ダイアフラムとの間に前記空隙を介して形成される導電性の固定電極と、該空隙の周縁を気密封止する酸化シリコン膜とを含み、
前記ダイアフラムの直径が110μm〜400μm、前記ダイアフラムの厚みが1.9μm〜11.6μm、前記空隙が0.2μm〜1.3μmであることを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項6】 請求項1〜5のいずれかに記載の半導体容量式圧力センサにおいて、周囲圧力をPとしたとき、前記ダイアフラムの厚みhの上限値を、次式(2)で表される変位w(h)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項7】 請求項6に記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの厚みhの下限値を、次式(3)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項8】 請求項6に記載の半導体容量式圧力センサにおいて、前記ダイアフラムの厚みhの下限値を、次式(4)に基づき、前記ダイアフラムの直径2aに応じて設定したことを特徴とする半導体容量式圧力センサ。

【請求項9】 請求項1〜8に記載の半導体容量式圧力センサを、大気圧力の検知や自動車用エンジン吸気圧力検出に用いることを特徴とする、100kPa測定用絶対圧基準型圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は流体の圧力を検出する半導体容量式圧力センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の半導体容量式圧力センサとして、例えば、特公昭62-502645号公報、特開平6-252420号公報、特開平7-7162号公報等に記載の圧力センサが知られている。特公昭62-502645号に記載の圧力センサは、半導体基板上に空隙を介して変形可能な中央部分と基板上に接合される周囲部分とを有する固体材料分のびるエンチチャンネル部分とを有する固体材料と、エンチチャンネルを封止する材料から構成された圧力センサの構造と製造方法を提案している。

【0003】 また、特開平6-252420号公報に記載の圧力センサは、半導体基板表面をドーピングして形成した第1の電極と、この第1の電極の上方に配したドーピングした電極と、これら第1、第2電極間に形成されたキャパシタ、およびダイアフラム層を貫通して形成した開口部に選択的に堆積されたキャパシタ封止用のプラグを有し、ダイアフラムキャパシタと外界圧力の差によりダイアフラムである第2の電極が変位しこの容量変化を検出する構成となっている。

【0004】 さらに、特開平7-7162号公報に記載の圧力センサは、周囲圧の変化に応じて変化するものな基準容量および周囲圧に応じて変化するアクティブ容量を有し、半導体基板上に形成した容量式圧力センサであ

つて、半導体基板に直接形成した比較図である第一電極である。第一電極は、半導体基板に直接形成した比較図である第一電極を介して、第一電極と対面して形成した半導体シリコンから成る第一電極層と対面して形成した半導体シリコンから成る第二電極層を含む両面型ダイオードの第二電極層に形成される。第1電極層、アクティブ層、第2電極層とも半導体基板に形成される。第1電極層と第2電極層とを介して用いている。このセンサは、周囲圧力の変化により可変性ダイオードが偏位することと特徴として、第一電極および第二電極間の容量が対応して変化する。

【0005】しかし、従来の半導体容量型式の圧力センサを半導体基板上に製作する際の課題として、ダイアラムの目止方法が複雑であるため安価に製造できないこと、圧力に応じて変位するダイアラムが自身の弾塑性力により弾性変形するため空腔量または通気量が設計値から変化して所定の性能が得られないこと、が挙げられる。

【0006】また、半導体基板上に基体容量、アクティブ容量および検出回路を有する容量式電力センサに關し、高湿度状態に基体純物質容量ないし基体-基体容量電圧、半導体基板表面に基体純物質容量ないし基体-基体容量電極の電位差に於て變化する寄生容量（接合容量）が生ずることである。このため半導体基板を接合または電源電圧として用いて行ひける検出回路と接続した場合、これノ電圧として働く「電阻-半導体基板間の寄生容量が非常に大きく、かつ變化し、アクティブ容量の變化量に對する寄生容量の比が增大し、これが温度などにより大きく變化する」といふ問題が、 S/N 比が低下して、測定精度が低下するといふ問題があつた。

【0007】本発明の目的は、感度が十分に高く、かつ、測定精度が良く耐久性と信頼性に優れた、半導体容量式圧力センサを提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、安定なプロセスで安価に製造でき、かつ、測定精度の良い半導体容量式圧力センサを提供することにある。

[0009] 【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、半導体基板と、該半導体基板上に保持された周囲の圧力の変化に対応して、変位するシリコン製ダイヤフラムと、前記半導体基板と前記ダイヤフラムとの間に形成される空腔と、該空腔の周縁を封止する酸化シリコン膜とを有する半導体容器型圧力センサであって、前記ダイヤフラムに対向する固定電極と誘電体上に形成されており、前記ダイヤフラムは誘電体を介して前記半導体基板から絶縁されており、前記ダイヤフラムの直径が $10\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ 、前記ダイヤフラムの厚みが $1.9\mu\text{m}\sim 11.6\mu\text{m}$ であることにある。

【0010】本発明の他の特徴は、前記半導体容量式圧力センサにおいて、前記空隙を $0.2\mu\text{m}\sim 1.3\mu\text{m}$ としたことにある。

【0011】本発明の他の特徴は、半導体基板上に形成され、周周圧力にびびって変化するアクティブ容量と、前記半導体基板上に形成され、周周圧力に対し実質的に変化しない基準容量と、前記アクティブ容量および基準容量と電気的に接続され両者の差を測定する回路とを有する等価式圧電素子の形成を含む。前記基準容量は、前記半導体基板上に誘電体を介して形成された導電性の電極を含み、前記アクティブ容量は、誘電体を介して前記半導体基板表面に固定される周周圧力の変化に応じて変化するポリシリコン膜からなるダイアフラムと、前記半導体基板上に形成された前記誘電体と前記ダイアフラムとの間に前記空隙を介して形成される導電性の固定電極と、該空隙の周縁を窒素気密封止する酸化シリコン膜とを含み、前記ダイアフラムの直径が $110\mu\text{m} \sim 400\mu\text{m}$ 、前記ダイアフラムの厚みが $1.9\mu\text{m} \sim 1.6\mu\text{m}$ 、前記空隙が $0.2\mu\text{m} \sim 1.3\mu\text{m}$ の範囲にあることにある。

【0012】本発明によれば、誘電体を介してイオン性半導体基板から絶縁すると共に、ダイアラムの直径を10 μm から400 μm 、厚みを1.9 μm 〜1.6 μm としたことにより、寄生容量を小さくすることができ、感度が十分に高く、安価で測定精度が良く、耐久性と信頼性の高い半導体容量圧力センサを、安定なプロセスで大面積に製造することができ、

【0013】
【発明の実施の形態】本発明の第一実施形態になる半導体容量型圧力センサを図1～図5で説明する。まず、本発明の半導体容量型圧力センサを備えた圧力検出の構造を、図1の平面図、図2の断面図で説明する。

【0014】本発明の第一実施形態になる圧力検出IC 4400は、半導体基板10に酸化物絶縁体20を介して形成したアクティブ容量100および基体容量200、圧力検出回路300から構成される半導体容量式圧力センサを備えており、たとえば、自動車用エンジンの吸気管圧力を検出して燃料の噴射を制御するのに利用される。

【0015】半導体基板10は、半導体に一般的に用いられている単結晶シリコン基板である。SOI基板、エピタキシャル基板なども用いることができる。バイポーラと比較してより少ない工程で高集積化できることで知られているC-MOSデバイスを用いる場合には、抵抗率8～120 Ω cm程度のn型またはp型単結晶CZ硅板を用いる。

【0016】抵抗値すなわち酸化物抵抗値20は、アクティビティ容量100および基準容量200を半導体基板100から電気的に絶縁している。酸化物抵抗値20は、熱酸化膜、CVD (Chemical Vapor Deposition) 酸化膜、等で形成され、抵抗率は3~4程度である。C-MOSデバイスと同形形成する際には、熱酸化膜 (フィーラード酸化膜) を用いることが可能であり、工程数の低減につながるため、安価な圧力センサを提供することが可能である。

出来る。

【0017】アクティブ容量100は、アクティブ容量
固定電圧30b、パリア誘電体40、空腔110、ダイ
オード120で構成される。空腔110は封
止用誘電体50によりほぼ真空に気密化されてい
る。このため周圧力に比例してダイアフラム構造体120
は変位する。ダイアフラム構造体120はアクティブ容
量30bと対面するダイアフラム電極120aは、
分圧固定電圧120bと対面するダイアフラム電極120c
と分圧固定電圧120dとにそれぞれ接続される。ダイア

[illegible]

0.10~0.15 μm 、半導体層の厚さにおいて、ノリア層の厚さは1.0~1.5 μm 、ダイアフラム電極120の直径は110 μm ~400 μm 、ダイアフラム電極120の厚みは1.9 μm ~0.0 μm 、アクティブ層厚さ固定電極30bと対面する部分におけるダイアフラム電極120とノリア誘電体層40の間の空隙110は0.2 μm ~1.3 μm の範囲とするのが望ましい。

【0019】このような構成にすることにより、周囲圧

ダイアフラム電極120間の容水量として変換することが可能である。アクティブ容量固定電極30およびダイアフラム電極120の電位は下記の方法により検出回路300に導くことが出来る。すなわち、ダイアフラム電極120の電位はダイアフラム電極接線部130により配線300

0.0c、コンタクト構造70を經由して配線部60bに導かれる。同様に、アクティブ容量固定電極300bも配線部60bに達する。ダイアフラム電極接線部130は酸化物質電極200上に形成した配線30c上のバリア層電極40の一端を除去することにより電気的な導通を得る構造である。

る。固定電圧30.0bは、不純物ドーピングにより導電化している。多結晶品が低価格であり、特に、CMOSデバイスへのゲート配線と、アークの部材で一括加工すると安価である。下部配線30a、フタの配線30b、配線30c、配線30dは導電性膜であり、不純物が散乱したポリシリコン膜やシリサイド層のCMOSデバイスのゲートと同時に加工すると工程を簡略でき、より安価な圧力センサを提供できると。

【0020】図3に、本発明の第一実施形態になる半導体容量型圧力センサのブロック線図を示す。本実施形態は一般的なスイッチドキャパシタ方式の容量—電圧変換部（容量検出部）および、ゼロ点・感度調整部により構成される。Vccは電源電圧、SW1、SW2は切り替えスイッチ、CNは基準容量、200、CSはアクティブ容量100、CFは動作増幅器G1のフィードバック容量。

図、G2は動作検出器を示す。いまA点に下部電極30、a-半導体基板10間の寄生容量があると仮定すると、寄生容量と配線抵抗によりSW1のスウィッチング周波数に一次遅れが発生し、測定精度を低下させる。さらに寄生容量が電圧依存性を有する場合、さらに不安定な動作を示し精度が悪化する。B点に寄生容量が存在する場合は、アクティブ容量100の容量変化値と全容量のSN比が大きくなり測定精度を低下させ、さらに寄生容量が電圧依存性を有する出力V_Qが不安定になる。

[0021]本発明に適用した半導体容量式圧力センサの基準容量200は、平方根型容量でありその容量は電極面積、電極間距離、電極間材料の比誘電率によって決定される。本発明の第一実施形態では、電極間距離および電極間材料の決定をバリア誘電体層40によって行っている。バリア誘電体層40にCVDナイドライド膜を用いた場合、非誘電率は7~9程度である。このため面積で達成できることが、このためより安価な圧力センサを提供できる。

【0022】本発明の第一実施形態において、空腔50は、固定電圧130とダイアラム構造120間の空腔間隔を決定しており、0.2~1.3 μm のほぼ均一な厚さで堆積された分離層170をエッチング除去することにより得られる。このため空腔50は、ほぼ0.2~1.3 μm の一定の間隔に保たれる。

【0023】なお、本図にはエッチングにより除去されるため図示されていないが、分離層170の一例としては、PSG (Phosphor Sicate Glass) 等のシリコン酸化膜を用いることが可能である。

【0024】固定足場120bは、ダイアフラム構造120を半埋体基板110に機械的に固定する部分である。固定足場120bは、分體層170をホトリソグラフィによるマスク形成後、部分的にエッチングし、その後ダイアフラム構造120を形成することにより得られる。

【0025】本発明の第一実施形態になる半導体容量式圧力センサの製造工程を、図4、図5で説明する。まず、図4(a)に示すように、IC製造用の半導体基板100の熱酸化により、半導体基板101上に誘電体20を形成する。次に、(b)に示すように、ホトリソグラフィによるマスクング後に所定の部分をドライエッチングすることにより、誘電体20に段差構造120Cを付

【0026】次に、図4(c)に示すように、ホト・エッチ工程によりダイアフラム配線30cとダイアフラム製造1200の接点部30bを加工する。さらに、図4(d)に示すように、LPCVD(Low Pressure Chemical VaporDeposition)窒化膜のバリア層40を堆積した後、ダイアフラム電極絶縁膜130を形成する。【0027】その後、図5(a)に示すように、バリア

層400の上に分層170を堆積した後、ホト・エッチングによりダイアフラム構造120の足場部分120bを加工する。分層170の厚みは、0.2~1.3 μ mに規定される。分層170はシリコン酸化膜が用いられていることが多く、本実施形態では日下系のエッチング液によってエッチング速度の違いSGを用いる。加工した分層170上に足場120aを堆積する。

【0028】その際、図5(b)に示すように、分離型170を下地とし、ホト・エッチ加工によりダイアフラマ構造120を形成する。ダイアフラマ構造120を導電化するにはダイアフラマ構造120に不純物ドーピングする方法がある。不純物ドーピングの方法はダイアフラマ構造120としての多結晶シリコン堆積後に図9に散見されるように、分離型170に不純物を混ぜてドーピングする方法がある。また分離型170にp型シリコンを堆積する方法がある。また分離型170にp型シリコンを堆積して不純物を透過度を含むPSGを用いた場合、多結晶シリコン堆積後のアニールによりPSG中の不純物が多結晶シリコン堆積中に図9に散見されるように、分離型170に不純物を混ぜてドーピングする方法もある。

【0029】その後、図5(c)に示すように、形成した分離層170を、エッチングにより除去する。LPCVD酸化層のバリア層40とP-SGの分離層170の組み合わせの場合、HFD系エッチング液でウェットエッチングすることができ、本実施形態では分離層170のサイドエッジとバリア層40の選択比を適切なものとするように、ダイアフラム構造120の直径を、最大400 μ m程度までとすることが可能である。

【0030】図5(d)は、LPCVDシリコン酸化膜160によりダイアフラム構造120を気密封止した様子を示す。

【0003.1】本発明形態での、LPCVDシリコン酸化膜160の製造条件は、デゾ温度720〜780℃、デゾ圧30〜120Pa、デゾガスはケイ酸エチル（TEOS：Tetraethylorthosilicate）と酸素（O₂）を採用した。このため、変換50をLPCVDシリコン酸化膜160の堆積時の圧力である30Paから120Paへ、温度のほぼ真室変換温度に等しくすることが可能である。

【0003.2】本製造プロセスによってCMOS回路と同じ基板上に一体化した半導体容量圧力センサを安定に製造できる。かつ、小型で安価な、ダイアフラム構造120の堆積圧力の影響を受けにくい高精度の、絶対圧基準型の容量圧力センサを提供できる。

【0033】本発明において、ダイアフラム構造120の材料は多結晶シリコンが最適であるが、他の素材からなる導電性ないし起電性の膜によっても気密封止されたい。ダイアフラム構造120を有する圧力センサを得ることが出来る。ダイアフラム構造120は、 $0.2 \sim 1.3 \mu\text{m}$ の厚さで堆積した分層膜170上に堆積したものであつて、分層膜170のエッチング後の下地とはほぼ均等な厚さであり、分層膜170のエッチング後はほぼ均

一な間隔で形成される。

【0034】本発明の第二実施形態を図6に示す。この実施形態では、バリア層電極層40以外で構成した基準電極層20の例を示した。本実施形態では基準電極層20は、下部電極30a、炭素質異形電極層201、酸化膜202、上部電極60aで構成される。本実施形態においては、炭素質異形電極層20が、アクティブ容量100および基準容量200を半導体基板10から電気的に絶縁する。ダイアラム電極120の直径は110μm、ダイアラム電極120の厚みは1.9μm、アクティブ容量固定電極30bと対面する部分におけるダイアラム電極120とバリア層20との間の空隙110は、2μm〜1.3μmの範囲となる。

【0035】本発明によれば、基準容量200の電圧間に
誘電体である基準誘電率誘電体201の厚さ・材料を、バ
リア誘電体40と別個に決定することが出来るた
り誘電率誘電体40との面積より小さな圧力センサを玄函
に提供することができる。
【0036】本発明の第3の実施形態を図7、図8で説
明する。図7は本実施形態の縦断面図、図8はその平面
図である。

【0037】本実施形態は、基体容量200をアクティ
ブ容量100と同じ調製方法により製作したものであ
る。基体容量200は基体容量固定電極30d、空腔2
10、ダイヤフラム構造体220で構成され、アクティ
ブ容量100と同じく、半導体基板上に酸化物誘電
体220を介して形成する。本実施形態においても、誘電

材料特性電圧2.0V、アクティブ容量1.0および基準容量2.200を半導体基板10から電気的に絶縁している。また、アクティブ容量1.00のダイアフラム電極120の直道長は110μm、幅は400μm、ダイアフラム電極120の厚みは1.9μm、幅は11.6μm、アクティブ容量固定電極30と対面する部分におけるダイアフラム電極120とバリア縁電極40の間の空隙110は0.2μm、幅は1.3μmの範囲とする。

【0038】本実施形態によれば、アクティブ容量10₀、基準容量200とは共に半導体基板10上に酸化物質を堆積して形成されるので、半導体基板10と電容20を介して形成されるので、実質的に電圧依存性や温度依存性を有さないため、高精度の圧力センサを実現することができる。基準容量200の固定足場220と0.001間の間はアクティブ容量100の固定足場120bの間隔に対して十分短く配置しており、期間圧力に対して線形に近似して化しない。例えば、ダイアフラム構造体220の厚さは固定足場220の間隔の4乗に比例する。た、固定足場220の間隔を固定足場120bの1/4に設定した場合、容量変化の比は約1/2.56程度となる。

【0039】このような構成にすることによって、基準

容量固定電極 30 d はアークタイプ容量固定電極 30 b と、空腔 210 は空腔 110 と、ダイアフラム構造体 220 はダイアフラム構造体 120 と同時に加工することができ、アークタイプ容量 1000 の製造ばらつきを基準容量 200 と相殺することができ、さらに同一部材によるため、ノイズ等の外乱による特性変化も相殺することができ、

【0040】以上の様な構成にすることによって、0.2~1.3μmの空間50をより少ない工程で30Paから120Pa程度のほぼ真空中に気密封止でき安価で、容量値が小さいため良好な特性で、自動車用等の厳しい環境下でも安定した信頼性の高い圧力センサを提供できる。更に、回路部と圧力流体部のチップ化が可能となり、小型化、低価格化な圧力センサの提供が可能となる。

【0041】次に、本発明のダイアフラム構造体2200の最薄構造について説明する。既に述べたとおり、本発明において、アクティブ容量100のダイアフラム電極1120の直径は110 μm ~400 μm 、ダイアフラム電極120の厚みは1.9 μm ~11.6 μm 、アクティブ容量固定電極30bと対面する部分におけるダイアフラム電極120とバリケード層40の間の空隙110は、0.2 μm ~1.3 μm の範囲とが望ましい。以下、その根拠について実験結果を基に説明する。【0042】以下の説明において、ダイアフラム電極120は、図9に示すように、直径が2a、厚さがhである。空隙の大きさをdとし、圧力Pが作用するものとす

【0043】まず、最初に図10で、プロセスから制御される空腔の範囲を示す。本発明の半導体容量式圧力センサにおいて、ダイアフラム構造120の端部がダイアフラム封止部であり、封止部は導体50としてLPCVDシリコン酸化膜を用いてダイアフラム構造120を密封封止する。なお、ダイアフラム封止部の形状はLPCVDシリコン酸化膜の製造条件と空腔110の量に依存する。

【0044】本発明の半導体変圧式圧力センサに関し、空腔110を気密封止する際に考慮する封止材料の条件は、空腔110の気密性を長期間保つため緻密な膜質であること、ダイアフラム構造120の圧力による変形を、実質的に妨げない空腔110を固定電極30bおよびダイアフラム構造120に有すること、圧力センサの基体圧力とすると空腔110内が真空であること、ダイアフラム構造120の電流ワークを防止するための絶縁層を有することである。

【0045】本発明では、これらの条件をすべて満足する材料としてLPCVDシリコン酸化膜を採用した。LPCVDシリコン酸化膜は高温（700から800℃程度）で熱エネルギーによりシリコン酸化膜を堆積するため、他の製法例えば400℃程度で形成するプラズマCVD法などとは異なる。

V D法で堆積した膜と比較して極めて密な膜質を有する。また半導体基板表面はベンゾ情造体による段差面を有するため、基板表面と基板に垂直な面に対する膜の付き具合であるステッパーレベリッングを考慮する必要がある。L P CVDシリンコニック酸化膜では表面部部の厚さに対して側面部では80%以上の厚さの堆積膜を形成することから出る。他の材料としてL P CVD法で形成する窒化膜が考えられるが、堆積時の膜の残留応力(実測値1.5 G P a程度)がシリコン酸化膜(実測値0.15 G P a)と比較して非常に大きいため約2500 Å以上堆積すると膜自身の残留応力が割れが発生する。本稿では、

【0046】封止用腐蝕体50としてのLPCVDシリコン酸化膜の本実施形態での製造条件は、デポ温度720〜780℃、デポ圧30〜120Pa、デポガスはケイ酸エチル（TEOS：Tetraethylorthosilicate）+ 酸素（O₂）を採用した。

【0047】上記製造条件のLPCVDシリコン酸化膜50で空腔110の気密閉止が可能な領域の実験結果を図10のAに示した。空腔厚dが0.1~1.5μmの試験空腔110が気密閉止されるまでLPCVDシリコン酸化膜を堆積した。次に上記試験の断面をSEM (Scanning Electron Microscopy) で撮影し、空腔の気密閉止に必要な最低厚さを、右向き空腔厚dを測定した。

【0048】空隙が $1.3\mu\text{m}$ 以上では、酸化膜50が自分自身の成膜能力により割れる率が急激に増加した。この実験結果から、この空隙は $1.3\mu\text{m}$ 以下とするのが望ましい。

【0049】空隙が小さい側の制約は、ポリSiの膜をCVD法で成膜した時のダイヤフラムの内部応力に起因する反りから決定される。この反りは、図10のBに示すように、ダイヤフラムの直径2aと板厚hに依存する。直径300 μ m、板厚7 μ mの場合、反りは約2 μ m

値で約0.2 μm であった。ダイアラムの正力による変位は、容量変化の感度と製造プロセスの整合性などから、0.2 μm に設計しているの、空腔量dは0.2 μm 以上必要である。板厚が小さいと、共振時のダイアラムの反りが図10のBに示すように急激に大きくなり、反り量を超え、下の誘電体層に接触する。

【0050】また、空隙量が0.2 μm未満の場合、LiPCVDシリコン酸化160が空隙110内に入り込む。其性質の点で、空隙量が減少する。そのためダイアラム構造120の重圧を妨げるため圧力センサとして機能しなくなる。酸化膜の入り込みは空隙dの値に依存する。圧力センサの機能を確保するため、実質的に必要な空隙量は、ダイアラムの重圧量0.2 μm以上である。

【0051】一方、空腔が大きい側の積約は、前述のように、空腔の周辺部を酸化物で気密封止し真空型塑造を形成するとき、酸化物の成膜応力によって割れない範囲で決められる。図10のBに示すように、LPCVDで

リコン酸化膜を膜厚 $1.3\mu\text{m}$ 以上堆積すると割れ(クラック)が発生する。この原因は、LPCVDシリコン酸化膜の堆積時に発生する残留応力(熱応力+真応力)が、LPCVDシリコン酸化膜自身の破壊強度を上回るからであると言われている。このような割れは破壊の元となり半導体の歩留まりを低下させる原因である。このため、実質的に有効な最大空腔幅 d は $1.3\mu\text{m}$ 以下に制限される。

【0052】次に、ダイアフラム電極120の厚みは $1.9\mu\text{m} \sim 11.6\mu\text{m}$ とするのが望ましい。まず、この厚みの上限は、ダイアフラム電極の感度特性によって決定される。図11は、ダイアフラム電極の感度特性として、圧力による容量変化からの制約を示す。信号処理可能な容量 C の変化を得るためのダイアフラム寸法は、(1)式から導かれ、その直径 $2a$ と厚さ h で決まらる。

【0053】

$$\text{直径 } 2a (\mu\text{m}) \quad 110 \quad 150 \quad 220 \quad 280 \quad 400 \quad 500$$

$$\text{板厚 } h (\mu\text{m}) \quad 2.1 \quad 3.0 \quad 5.1 \quad 7.0 \quad 11.6 \quad 15.2$$

例えば、空腔を $0.65\mu\text{m}$ とした場合、直径 $2a=280\mu\text{m}$ では、板厚 $h=7\mu\text{m}$ 、固定電極径 $\phi=150\mu\text{m}$ とした場合、 100kPa の圧力でダイアフラムが $0.2\mu\text{m}$ 変位し、 110fF の容量変化が得られるので、管端の検出限界を 1fF とすれば 1Pa すなわち 1mmHg の分解能で圧力を容量変化として検出することができ、シリコンSiの破壊強度は約 1GPa であるから、これを圧力 100kPa に印加時に発生する応力とすれば、 $h=0.00866a$ となる。また、安全率を4(圧力 50kPa)とすれば、次式(5)で表わされる関係となる。すなわち、図12の線分12より上側の領域が、室温で破壊しない領域である。

【0059】

$$h = 0.0173a \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 k は周辺の固定条件とポアソン比により決まる定数であるが、単位圧力当たりで考えれば円板寸法と応力の関係係数ともみることが出来る。上式(3)から、板厚 h は、次式(4)で表わされる。

$$a = k \cdot p \cdot a^2 / h^2 \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 k は周辺の固定条件とポアソン比により決まる定数であるが、単位圧力当たりで考えれば円板寸法と応力の関係係数ともみることが出来る。上式(3)から、板厚 h は、次式(4)で表わされる。

$$a = k \cdot p \cdot a^2 / h^2 \quad \dots\dots (3)$$

$$h = 0.0173a \quad \dots\dots (5)$$

【0056】次に、図12は、ダイアフラムの強度面からの限界寸法範囲を示す。ダイアフラムを周辺固定の弾性円板として考えると、その周辺部の曲げ応力は、次式(3)で表わされるように、半径 a の2乗に比例し板厚 h の2乗に反比例する。

【0057】

$$a = k \cdot p \cdot a^2 / h^2 \quad \dots\dots (3)$$

【0058】次に、図13は、空腔を形成するための犠牲層エッチング可能な距離からみた限界寸法範囲を示す。まず後でエッチングされる犠牲層としてPSG(リン処理SiO₂)を形成する。次に、図13は、空腔を形成するための犠牲層エッチング可能な距離からみた限界寸法範囲を示す。まず後でエッチングされる犠牲層としてPSG(リン処理SiO₂)を形成する。次に、図13は、空腔を形成するための犠牲層エッチング可能な距離からみた限界寸法範囲を示す。まず後でエッチングされる犠牲層としてPSG(リン処理SiO₂)を形成する。

する。PSGの厚さが $0.2 \sim 1.3\mu\text{m}$ ではサイドエッチングでできる距離は $200\mu\text{m}$ で、直径にして $400\mu\text{m}$ の空腔を形成するのが限度である。 $400\mu\text{m}$ を超える、エッチングの不良が生じ、リーク電流が急激に増大する。すなわち、図13の直線14より上側の領域が、犠牲層エッチング可能な距離からみた有効な領域である。

【0063】また、図14は、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた限界寸法範囲を示す。図3でも説明したように、ダイアフラム周辺部に設けた足場120b(ダイアフラム周辺部に設けた犠牲層エッチング用のエッチング穴を除いてダイアフラムをS1基板に絶縁膜を介して固定する部分)とS1基板10との間には、Si3N₄やSiO₂の絶縁膜が誘電体として存在し、これを浮遊容量として働き、圧力により変化するゲージ容量を電圧倍率に変換する際に影響を与える。

【0064】この目安として浮遊容量のゲージ容量に対する倍率を表した。直径が $220\mu\text{m}$ 以下となると2乗曲線で倍率が大きくなり、さらに、直径が $110\mu\text{m}$ 以下となると急激に倍率が大きくなる。すなわち、図14の直線15より右側の領域、望ましくは直線16より右側の領域が、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた有効な領域である。

【0065】以上の説明した実験、検討の結果を纏めたものが、図15である。図15の線分11とL2、L4とL5に囲まれた(1)の台形a b c dの領域内とするのが望ましい。最も望ましいのは、上記領域の中で線分L6より右側すなわち(2)の台形c d e f hの領域内である。

【0066】もし、半導体プロセスにおいて大気圧で熱処理を行う場合は、上記領域の中で線分L3より上側すなわち(3)の台形c f e bの領域内とするのが望ましい。

【0067】また、空腔に関して先に述べた理由により、 $0.2\mu\text{m} \sim 1.3\mu\text{m}$ とするのが望ましい。

【0068】

【0069】また、半導体容量式圧力センサを上記数値

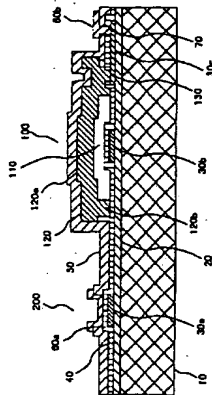
【0069】また、半導体容量式圧力センサを上記数値

範囲とすることで、回路部と圧力検出部の1チップ化が可能となり、小型化、低価格化は圧力センサの提供が可能となる。さらに、自動正用としても良好な特性で安定した信頼性の高い圧力センサを提供できる。

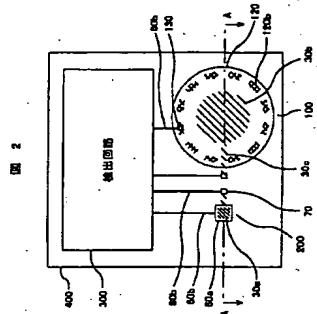
05 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の第1実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。
- 【図2】本発明の第1実施形態の平面図を示す図。
- 【図3】本発明の第1実施形態の圧力検出回路のブロック図を示す図。
- 【図4】本発明の第1実施形態の圧力センサの製造工程を説明する図。
- 【図5】本発明の第1実施形態の圧力センサの製造工程を説明する図。
- 【図6】本発明の第2実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。
- 【図7】本発明の第2実施形態になる半導体容量式圧力センサの縦断面形状を示す図。
- 【図8】本発明の第3実施形態の平面図を示す図。
- 【図9】本発明に関する実験結果を説明するための、ダイアフラム電極の形状に関する定義を示す図である。
- 【図10】本発明のダイアフラム電極における、空腔の気密封止が可能な領域の実験結果を示す図である。
- 【図11】本発明のダイアフラム電極の感度特性として、圧力と容量変化の関係を示す図である。
- 【図12】本発明のダイアフラム電極の、強度面からの限界寸法範囲を示す図である。
- 【図13】本発明のダイアフラム電極において、空腔を形成するための犠牲層エッチング可能な距離からみた限界寸法範囲を示す図である。
- 【図14】本発明のダイアフラム電極において、センサ容量に対する浮遊容量の倍率からみた限界寸法範囲を示す図である。
- 【図15】本発明のダイアフラム電極の望ましい形状として、図10～図14の実験結果を纏めたものである。

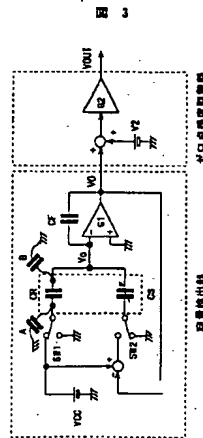
【図1】



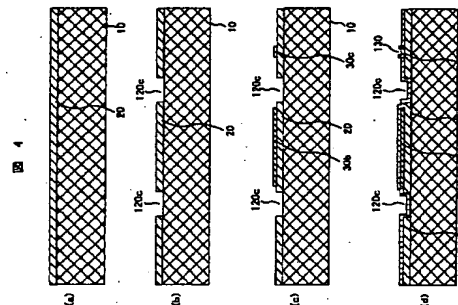
【図2】



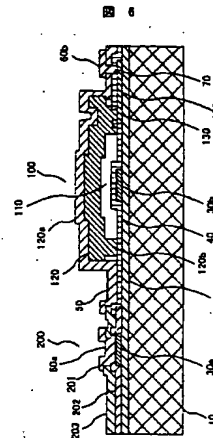
【図3】



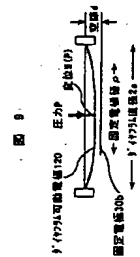
【図4】



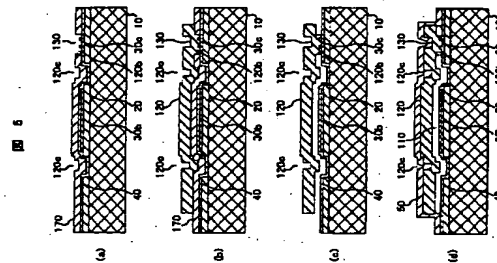
【図6】



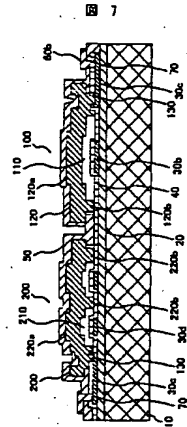
【図9】



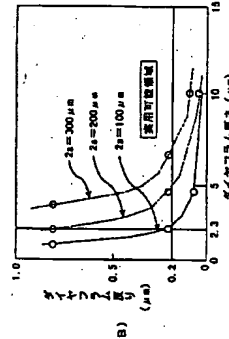
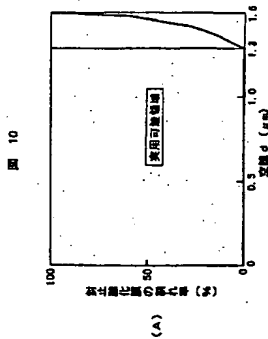
【図5】



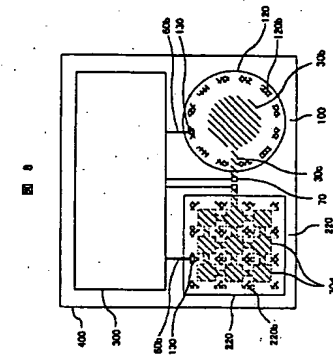
【図7】



【図10】

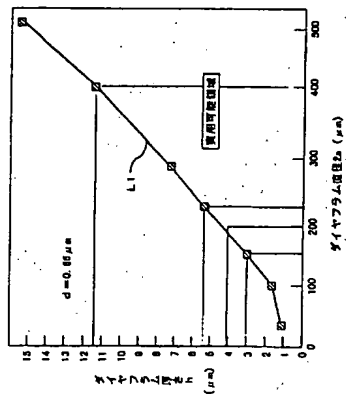


【図8】



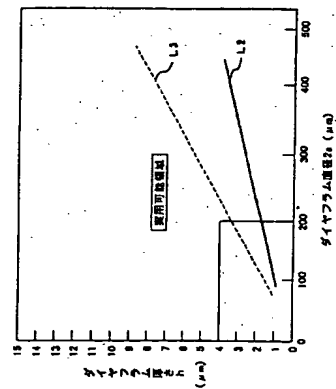
【図11】

図 11



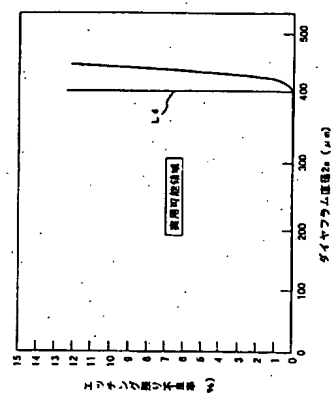
【図12】

図 12



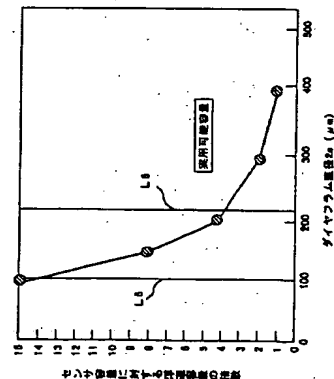
【図13】

図 13



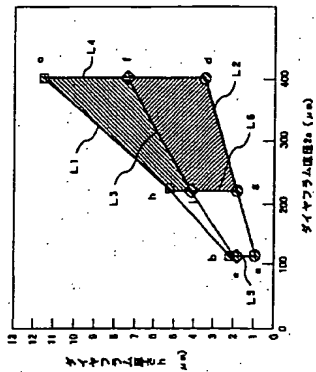
【図14】

図 14



【図15】

図 15



フロントページの続き

- (72)発明者 渡辺 篤雄
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 25
株式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 富崎 敏史
茨城県ひたちなか市大字高埜2520番地 株
株式会社日立製作所自動車機器グループ内
- (72)発明者 堀江 潤一
茨城県ひたちなか市大字高埜2520番地 株
株式会社日立製作所自動車機器グループ内
- (72)発明者 保川 彰夫
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
- (72)発明者 佐藤 真也
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
株式会社日立製作所日立研究所内
- 30 Fターム(参考) 2F055 A440 B820 C02 D005 EE25
FF15 FF43 G015 G031 G049
4H12 A401 BA07 CA02 CA12 DA03
DA04 DA06 DA12 DA15 EA02
EA04 EA06 EA07 FA11